

COMUNICACIÓN CIENTÍFICA INTERNATIONAL CONFERENCE ARQUITECTONICS

Rodolfo Picazo Pérez

BARCELONA, COAC-ETSAB,UPC (31May,1 and 2 June 2017)

Arquitectura en crecimiento modular. Ejemplos. Algunas similitudes y diferencias con el crecimiento fractal. Humanización complementaria por los usuarios en la configuración de espacios construidos y aparición de espacios residuales con anclaje emocional en el inconsciente particular y colectivo.

Con esta comunicación se pretende, aún someramente, indagar y relacionar aspectos tales como

- Qué se entiende por crecimiento modular ? Metodología
- Ejemplos de aplicación de crecimiento modular
- Puntos de similitud y diferencias con el crecimiento fractal
- Interés de la arquitectura inacabada y participación
- Qué es un espacio construido residual y su interés emocional

El crecimiento modular se basa en una combinatoria de células habitacionales que por agrupación y siguiendo unas determinadas directrices de crecimiento dan una arquitectura volumétricamente no prevista “a priori” sino como resultado a su sujeción a estas “leyes” de desarrollo.

El arquitecto Rafael Leoz también investigó esta forma metodológica de proyectación a partir de volúmenes sencillos.

Esta manera de proyectar ,tiene la ventaja añadida de-si se desea-permitir la industrialización de la construcción.

En la “comunicación” se expone un ejemplo de proyectar con esta metodología

Según puede leerse en Wikipedia :”Un **fractal** es un objeto geométrico cuya estructura básica, fragmentada o irregular, se repite a diferentes escalas”El resultado final es una forma similar a sí misma. Deriva del [latín fractus](#), que significa quebrado o fracturado. Muchas estructuras naturales son de tipo fractal. La propiedad matemática clave de un objeto genuinamente fractal es que su dimensión métrica fractal es un número no entero.”

El mejor ejemplo es un árbol. Un árbol es claramente similar a sí mismo en el hecho de que sus ramas usualmente se dividen de modo regular a medida que se contraen (cambian de escala) con la distancia desde la raíz o del tronco principal. Cualquier parte del árbol imita al árbol en su totalidad, desde las raíces hasta las ramas e incluso en la estructura de sus hojas.” (Batty, Michael; Longley, Paul (1997) "The Fractal City". En: Jencks, Charles; Kropf, Karl (2006) *Theories and Manifestoes of Contemporary Architecture*. London: Wiley Academy. pp 322, 324.).

Volviendo al método de proyectar modularmente, donde la estructura y composición en combinatoria es fundamental, puede jugarse a ,una vez asentado en el terreno siguiendo el modelo de crecimiento, además de tener en cuenta la orientación adecuada, intervenir en un diseño mucho más pormenorizado o bien dejar la arquitectura “inacabada en lo accesorio” y que los futuros, y desconocidos, usuarios sean quienes, a pequeñas dosis, participen en la configuración de sus hábitats y entonces irán apareciendo espacios colectivos, además de los particulares, que podríamos denominar “residuales” es decir no controlados desde la mesa del proyectista sino como resultado, nunca final, del juego de implicación conjunta. Obviamente un resultado así está mucho más conectado emocionalmente –“apropiación”-con los beneficiarios del lugar.

Espacios urbanos y particulares que hoy nos embelesan, que han crecido, apoyándose en unas estructuras quizás un tanto rígidas originales, pero con el valor añadido de esa creatividad colectiva los hay en todas partes y merecen ser conservados como valor Patrimonial.

INDICE

- La ciencia de la [complejidad](#)
- La arquitectura y la [imagen](#) de la complejidad
- ¿Qué es un fractal? [Concepto](#) y características
- [Precedentes arquitectónicos](#) a la teoría fractal
- El concepto de [ritmo](#) y el crecimiento modular-fractal. Espacios residuales. su interés emocional como arquitectura inacabada y participación
- Qué se entiende por [crecimiento](#) modular? Geometría euclidiana(2).
- Crecimiento modular [respetuoso](#) con el medio
- Diferencias fundamentales entre la Geometría [Euclídiana](#) (crecimiento modular) y la Geometría en crecimiento fractal y aspectos comunes con crecimiento fractal.
- Industrialización y participación ciudadana en el acabado de los espacios inacabados del conjunto
- Conclusiones
- [Ejemplos](#) de aplicación de crecimiento modular. Metodología

LA CIENCIA DE LA COMPLEJIDAD.”

Lo que se suele denominar Ciencia de la Complejidad es un conjunto de teorías surgidas a partir de los años 60, y que todavía están en pleno desarrollo. Entre ellas están la teoría de los Fractales

En principio se puede decir que la Ciencia de la Complejidad trata de los sistemas dinámicos denominados caóticos y de sus procesos de transformación.

En la Teoría del Caos, se consolidan importantes conceptos científicos provenientes de la Relatividad y la Física Cuántica, como indeterminismo, imprevisibilidad y probabilidad, y cobran fuerza los de no-linealidad y azar, además de estos, el Caos aporta nuevos conceptos a las condiciones iniciales. En efecto se trata de un escenario muy diferente al determinismo de la ciencias con la que hemos operado hasta este momento (por ejemplo la Geometría Euclidiana.) Aunque encontremos teorías muy diversas en el ámbito de la complejidad existe un marco teórico común, una nueva visión de la naturaleza, pautada por **dinamismo, complejidad, incertidumbre e indeterminismo**.

La presencia de los mismos conceptos en varias de las teorías de la Complejidad es, por un lado, una de las razones de las imprecisiones epistemológicas en este contexto, pero a la vez, es lo que confiere coherencia como un corpus científico **más global**.

Y aquí tendría cabida la introducción de la Antropología del Espacio, como ciencia interdisciplinaria que se ocupa de las relaciones de la persona en su interacción con el espacio y el tiempo, buscando en el pasado (Patrimonio construido) intentar mejorar el presente creando propuestas de futuro, consiguiendo, en suma, un entorno actual que pueda llenar las necesidades de las gentes de hoy apuntando a los valores cualitativos del espacio es decir buscando la Armonía que **es un orden complejo** por abarcar otros factores aparte del rígido y limitado Euclidiano.

Pues en todo espacio construido confluyen una serie muy amplia de valores, además de sus condicionantes técnicos: valores, estéticos, de uso y cobijo, de salud, económicos. Comerciales, de poder, de representación, simbólicos- personales, simbólicos sociales, de tipo perceptivo (racionales, de comunicación, de influencia emotiva...); etc etc.

La teoría del Caos.

La teoría del Caos nació de la matemática, y tuvo su precursor en el francés Jules Henri Poincaré, matemático, astrónomo y filósofo de la ciencia.

Los principales conceptos que fundamentan la Teoría del Caos, son **la no-linealidad la imprevisibilidad, el azar y el indeterminismo** (Ciencia de la complejidad).

El termino Caos suele estar relacionado como sinónimo de confusión - desorden extremo.- Kháos (en Grecia significaba “abismo”, es el vacío primordial a todas las cosas.) Paradójicamente el caos científico no tiene la connotación de ausencia de orden, sino más bien de sobredosis de Orden, se trata de otro tipo de orden, un orden diferente más complejo.

La **fenomenología**, es esencial en esta nueva disciplina. En la fenomenología interesa sobre todo la percepción. Es una filosofía que reemplaza las esencias por las existencias. Es una ciencia “vitalista” que estudia “lógicamente” las experiencias.

Y al incorporar, en el diseño de espacios, valores como los indicados ,ha sido necesario buscar en varias Ciencias: Etología, Sociología, Psicología, Economía, Geometría y Matemáticas, Física...para acercarnos al conocimiento de la Percepción Espacial y su influencia en el ser humano y además la arquitectura de la complejidad hace también una fuerte apuesta por la imagen de la “naturaleza compleja”,viviente, **fenomenológica** ,en contra de la naturaleza mecánica, abstracta e idealizada de la ciencia clásica.

La imprevisibilidad y la incertidumbre no son debilidades de la naturaleza sino que son atributos intrínsecos de todo ser viviente, y además, están relacionados a la emergencia, a la **creatividad** (anexos) y a cualquier posibilidad de evolución.

La **creatividad** es casi definible como “ la capacidad de transformar el aspecto caótico de la indiferenciación ,en un orden oculto susceptible de ser captado en una visión

comprensiva(sincrética, es decir global). La misión primordial del artista no es realizar las obras (misión del artesano) sino elaborar nuevas ideas para producir las obras.

La no-linealidad y una gran imprevisibilidad principalmente a mediano y largo plazo es uno de los conceptos más importantes de los sistemas complejos y caóticos.-En tanto que en los procesos lineales (sistemas Euclidianos) hay un solo cambio el cuantitativo, en **los no-lineales el cambio es cualitativo**. También podemos hablar de la Autoorganización que es una tendencia de los sistemas complejos, esto ocurre cuando un sistema se aleja de la condición de equilibrio, llega a un punto crítico en que súbitamente se transforma rearticulándose en un nuevo nivel de organización ,frecuentemente más complejo. El sistema es capaz de autogenerarse un nuevo orden a partir de una situación caótica. De aquí la importancia de actuar “a pequeñas dosis” ir más al crecimiento progresivo que a la idea de “reemplazamiento”.En el crecimiento progresivo, cada acto genera nuevas condiciones que condicionan el siguiente.

En el diseño de la ciudad, el proyectista se encuentra en un nivel de indeterminación mayor que cuando hace el proyecto de una casa particular, ya que afecta a más individuos y tendrá que contar con lo que haya de común en ellos, o bien dar la posibilidad de cambio.

La receta puede ser **crear a pequeñas dosis**: Todos los medios ambientes de calidad que conocemos, tienen esas mismas características,mantenerse como un todo vivo porque han crecido despacio durante largos periodos de tiempo, trozo a trozo.

El crecimiento a grandes dosis depende de una visión discontinua y estática del medio ambiente humano.

El crecimiento a pequeñas dosis depende de una visión dinámica y continua del medio ambiente.

¿Cuáles son las diferencias entre las dos propuestas?

El crecimiento a pequeñas dosis mantiene los lugares que funcionan hoy correctamente, han conseguido con el tiempo tener un carácter humano. El crecimiento a grandes dosis destruye estos lugares y los reemplaza en monolito. El crecimiento a pequeñas dosis consigue armonía con la naturaleza y el espacio circundante : el otro esquematiza completamente todo el carácter que tenía esta zona.

El carácter irregular de un crecimiento a grandes dosis produce todavía más desequilibrios.Puede causar con facilidad la formación de suburbios,o destruir la memoria colectiva preexistente. La razón principal es la ubicación del dinero en edificios nuevos y grandes, por lo que no se gasta dinero en los edificios ya construidos que van degenerandose paulatinamente.

Este mismo proceso es el causante de los suburbios en las ciudades.El dinero se concentra en enormes planes de desarrollo ubicados en terreno barato mientras que las áreas antiguas de las ciudades degeneran por que poco puede **ganarse** con su reparación..

El crecimiento a grandes dosis se basa en la idea de **reemplazamiento**. El crecimiento a pequeñas dosis **se basa en la idea de reparación**. Como un reemplazamiento conlleva la **consumición** de los recursos, mientras que la reparación significa la **conservación de los recursos**, es facil ver que el crecimiento a pequeñas dosis es mucho mejor desde el punto de vista ecológico.

Pero todavía existen más diferencias desde el punto de vista práctico. El crecimiento a grandes dosis se apoya en la falsedad de que es posible construir edificios perfectos. **El crecimiento a pequeñas dosis se apoya en la ciencia más realista de que siempre existen errores y de que éstos deben ir subsanándose dialécticamente,por mejoras sucesivas.**

Para el bienestar en la ciudad, bien sea psicológico o físico (de confort) es imprescindible captar, conocer, la relación individuo-espacio, su **inter-acción**; profundizar en este concepto y la necesaria pluridisciplinariedad

Es a partir de este conocimiento, por parte del urbanista,de los aspectos psicológicos como es el de apropiación, micro-psicología del movimiento, espacios mínimos de libertad personal, economía de medios,participación ciudadana, respeto por la memoria histórica (símbolos, patrimonios) y entendimiento-no subordinación total - al poder político etc. Como se podrá avanzar hacia unas ciudades más habitables, más hechas a la medida del hombre y no tener que adaptarse, la persona, a condiciones no humanistas. Hay que ir en dirección a conseguir una especie de Derechos Humanos del hábitat, del espacio vital y para ello es necesaria la adaptación del Arquitecto a unos ,podríamos llamar, **principios** de actuación; que no pretenden ser algo dogmático,acabado; pero que pueden ayudar a caminar en esta dirección.

Posibles principios de actuación

Principio de orden orgánico

La planificación del cambio del medio ambiente debe ser guiada por un proceso que permita al todo emerger gradualmente a partir de actos locales.

Principio del crecimiento a pequeñas dosis.Flexibilidad proyectual

El cambio emprendido dentro de cada etapa debe medirse tendiendo a los cambios más pequeños posibles.

Principio de participación

Hay que trabajar con la idea de que siempre que sea posible, todas las decisiones sobre lo que se ha de hacer y sobre todo cómo se ha de hacer ,deben de contar con los usuarios.

Principio de coordinación

La lenta emergencia de un orden orgánico en el todo, debe estar garantizada por un proceso de financiación que canalice la corriente de proyectos individuales prevista por los usuarios.

Principio de los patrones

Todo Proyecto debe guiarse a través de una colección de principios obtenidos por un estudio de acercamiento al conocimiento de realidades perceptivas del usuario en relación a tipos espaciales y que puedan ayudar al proyectista en su labor de servicio a la Comunidad para la que trabaja.

Principio de diagnosis

Por último el bienestar de todo debe protegerse con un diagnóstico periódico expresando con detalle qué espacios estan vivos y qué espacios estan muertos o degradados en cualquier momento dado de la historia de la Comunidad; lo que ayudará a intervenir para subsanarlos.

ARQUITECTURA y la [imagen](#) de la COMPLEJIDAD

La arquitectura es un arte simbólico y con respecto a la imagen de la complejidad, es posible, o al menos probable, la idea de que este nuevo contexto visual tenga una efectiva **resonancia** en la mentalidad excesivamente cartesiana del hombre contemporáneo.

Una vez más nos vemos que en el juego actúan: **naturaleza, ciencia, arquitectura y cultura.**

La arquitectura de la complejidad apunta además hacia una “nuevas” geometrías y principios morfológicos compositivos.

Pero la adopción de la complejidad puede traer una operación delicada y arriesgada y caer en que un exagerado énfasis en la dimensión simbólico-perceptivo que pueda ser en detrimento de las demás dimensiones de la arquitectura: funcionales y tecnológicas y si *no es bien trabajada y sí solo se queda en el juego de las “apariencias”*, puede chocar con otros principios que son propios de la arquitectura, perdiéndose en calidad como obra.

Se ha de evitar identificar la “complejidad con confusión”, el desafío es lograr es un orden complejo; **el caos que buscamos en su acepción científica, que no es el mismo caos de uso corriente.**

No se trata de que la arquitectura busque la complejidad sino su aceptación, más que insertar forzosamente la complejidad en la arquitectura, se debería insertar en el ámbito de una “complejidad natural”.

La ciencia de la complejidad, apunta hacia otra mentalidad, hay que entender a la nueva naturaleza el cosmos y a la vida misma. Es decir la asunción de la complejidad natural del mundo con el azar, el indeterminismo la incertidumbre, la imprevisibilidad y la imprecisión.

Y lo más importante que nos comunica la Ciencia de la Complejidad, es que la emergencia de nuevas propiedades está estrechamente vinculada a la incidencia del azar en los procesos no-lineales.

De aquí la importancia del diseño “a pequeñas dosis”, tal como he indicado, dejando que actúen otros factores sean humanos como ambientales en el resultado final.

¿Qué es un fractal? concepto y Características.

El término fractal se utiliza para designar a objetos "semigeométricos" cuya estructura básica se repite a diferentes escalas. No es sencillo encontrar una definición rigurosa para los fractales, de hecho, no existe aún una definición universalmente aceptada por el mundo matemático.

El término fractal, hemos visto que es una manera terminológicamente compleja de expresar algo que en la realidad es muy sencillo. Sin duda, la naturaleza elabora formas muy complejas, pero éstas son siempre el resultado de la combinación y repetición de elementos muy simples.

La conjunción de estos elementos simples está gobernada por leyes sencillas, que podríamos definir como **leyes fractales, cuyo objetivo es el ahorro de materia y energía, y la optimización de la forma de acuerdo con la función que debe realizar.**

Por ejemplo, en la construcción habitual, las cargas pequeñas se sostienen con pilares y vigas pequeñas, mientras que los pesos grandes requieren pilares y vigas grandes. Sin embargo, la naturaleza no construye como los seres humanos. Su método es contrario al nuestro. **Cuando una forma natural debe resistir un peso o una fuerza, organiza su estructura en forma de red.** Esta red resistente está formada por pequeños (pero numerosos) elementos de modo que el esfuerzo resistente se fragmenta y reparte entre todos ellos.

¿Qué se entiende por crecimiento fractal?

"Cualquier forma que es similar a sí misma es probable que sea fractal. Si hay un motivo regular o un diseño que se repite a sí mismo a medida que la estructura crece o cambia de escala - a través del tiempo o espacio, entonces esa estructura puede ser prevista como una jerarquía, y es así que decimos que **la organización fractal es una organización jerárquica.**

Batty, Michael; Longley, Paul (1997) "The Fractal City". En: Jencks, Charles; Kropf, Karl (2006) *Theories and Manifestoes of Contemporary Architecture*. London: Wiley Academy. pp 322, 324.

Benoit Mandelbrot: *Les objets Fractals*. Flammarion 1984.

James Gleick: *Chaos, Making a New Science*. Ed. Viking Penguin. Inc. 1987.

John Notholts: *Chaotics dynamics as applied to biological information processing*. Academie – Verlag. 1987.

Otto Peitgen – D. Saupe: *The Science of Fractal Images*. Springer Verlag. New York 1988.

León Glass, M. Mackey: *From clocks to Chaos. Rhythms of life*. Princeton University Press 1988.

Bruce West: *Fractal Physiology and Chaos in medicine*. World scientific publishing Co. 1990.

Rodolfo Picazo Pérez-**Interacción dialéctica individuos y espacio construido**. Tesis doctoral dic 2002(UPB.España)

Ines Moisset : *Fractales y formas arquitectónicas I + P división especial*. Año 2003.

Carlos Reynoso-**COMPLEJIDAD Y CAOS**. Buenos Aires.-Año 2006.

El término **autosimilitud** (que puede ser entendido también como autosemejanza) está relacionado a la propiedad de un objeto de presentar en sus partes la misma forma o estructura que el todo, aunque pueden encontrarse a diferentes escalas y ligeramente deformadas en algunos casos.

Mandelbrot establece: **"Un fractal es una clase especial de invariancia o simetría que relaciona un todo con sus partes: el todo puede descomponerse en partes que evocan el todo.** Piénsese en una coliflor: cada racimo puede separarse y es, en sí mismo, una coliflor en miniatura.

Todos los fractales tienen algo en común, ya que todos son el producto de la iteración, repetición, de un proceso geométrico elemental que da lugar a una estructura final de una complicación aparente extraordinaria.

Resumen de las propiedades de los fractales:

Dimensión no entera.

Como se mostrará en el apartado siguiente la dimensión de un fractal no es un número entero sino un número generalmente irracional.

Compleja estructura a cualquier escala.

Los fractales muestran estructuras muy complejas independientemente de la escala a la cual lo observemos.

Infinitud.

Se consideran infinitos ya que a medida que aumentamos la precisión del instrumento de medición observamos que el fractal aumenta en longitud o perímetro.

El aporte de la geometría fractal como instrumento generador otorga a la arquitectura el poder de expresar simultáneamente **dos estados aparentemente contradictorios: formas ordenadas y complejidad orgánica.**

Gracias a su capacidad de traducir morfológicamente la mecánica de la auto organización, la geometría fractal se constituye en un importante instrumento para la comprensión de las propiedades

formales y funcionales, por ejemplo de los tejidos urbanos y puede además convertirse en un importante auxilio proyectual para la investigación de nuevas modulaciones complejas del espacio.

La arquitectura de fractales, debe ser una herramienta, novedosa y llamativa, pero recordemos que toda obra arquitectónica debe conjugar o integrarse a su entorno, por lo cual este tipo de arquitectura será difícil de realizar, en lugares donde ya haya un tipo de construcción dominante, pues podría contrastar tanto que su diferencia a su entorno la haga ver inadecuada. y ahora pregunto, ¿este tipo de arquitectura esta mas dispuesta a integrarse con la naturaleza en su forma pura?

Se pueden lograr resultados interesantes al buscar formas “naturales” con este tipo de herramienta, pero cuidado no caer en una arquitectura caprichosa desconectada de su entorno cultural, como ya ha sucedido.

Además no olvidar que, como se sabe, la arquitectura es el resultado de la aplicación de un orden geométrico, y al utilizar lo fractal se está hablando de la utilización de la geometría de la naturaleza.

Sabiendo que lo fractal posee ordenes geométricos, conceptos matemáticos, que describen la estructura irregular y caótica del mundo natural.

De modo que la arquitectura fractal posee un caos, pero un orden interno

Susana López Arteta

Los avances tecnológicos, popularizados en la más reciente década, han posibilitado a la arquitectura contemporánea tomar un camino de tendencia (observable claramente aún dentro de la libertad conceptual asumida y desplegada por los arquitectos actuales, en el que los proyectos se basan en modelos, funciones matemáticas y estructuras fractales, fortaleciendo los vínculos entre las disciplinas y abordando complejidades que no se habían registrado en otras épocas.

La aplicación del concepto fractal en disciplinas como arquitectura y urbanismo abarca diferentes épocas de la humanidad, desde las edificaciones medievales y aún anteriores y las organizaciones de la sociedad, hasta las más modernas construcciones (como el Soho Shangdu Complex -Beijing, China), ya sean aquellos que presentan aplicaciones de fractales en su estructura, como los que la presentan en la fachada o revestimientos, poniendo de manifiesto la convivencia del arte con los fractales y el vínculo directo entre los mismos.

Bibliografía.

- Mandelbrot, Benoit (2003). *La Geometría Fractal de la Naturaleza*. Barcelona (España). Editorial Tusquets.
 (2006). *Los Objetos Fractales. Forma, Azar y Dimensión*. Barcelona(España). Editorial Tusquets.
 Sabogal, Sonia - Arenas, Gilberto (2008). *Una Introducción a la Geometría Fractal*. Bucaramanga (Colombia). Universidad Industrial de Santander.
 Spinadel, Vera W de – Perera, Jorge G. – Perera, Jorge H. (2007). *Geometría Fractal*. Buenos Aires. Ed. Nueva Librería.
 Osame Kinouchi. (2009). *Fractais: Uma nova visão da natureza*. Obtenido el 22 de agosto de 2012, desde: Bartolo Luque – Aída Agea.
 Ron Eglash - African fractals. Obtenido el 1 de noviembre de 2012, Jardí Botànic de Barcelona. Presentació. Obtenido el 1 de noviembre de 2012,

PRECEDENTES ARQUITECTÓNICOS A LA TEORÍA FRACTAL

Los mejores ejemplos de arte o arquitectura aceptados universalmente, a lo largo de generaciones, como exponentes máximos de un concepto generalizado de “belleza” tienen, todos, un “algo” conmovedor que se venía atribuyendo exclusivamente a la inspiración o a la genialidad de los artistas.

Arquitectónicamente, el concepto de fractal, puede apreciarse en estilos como el gótico, donde el arco apuntado era el elemento determinante; las catedrales góticas que aún se conservan, como las de Reims, Colonia, Amiens y otras son claros ejemplos.

Ahora, gracias a las teorías de sistemas y las matemáticas modernas, se pueden analizar **estas obras intuitivas desde la perspectiva fractal** y extraer valiosas lecciones aplicables al futuro diseño de unos entornos más adecuados material y espiritualmente al ser humano. Ya que todos no podemos vivir en entornos naturales genéticamente preseleccionados, sí podríamos tratar de lograr sus mismos beneficios “sintéticamente”, gracias a herramientas de diseño basadas en la geometría fractal.

Estamos en el mejor momento para poner la tecnología de la que disponemos al servicio de un nuevo humanismo arquitectónico, podríamos definir como “ecológico” y una nueva actitud de diseño.

El análisis fractal de magníficas obras de la arquitectura, aparentemente muy distintas, nos revela una similitud estructural patente en el modo en que **los patrones se repiten a niveles cada vez más pequeños a lo largo de la construcción**, logrando una especie de estructura densa, que reitera la forma y la identidad del edificio a través de una amplia red de interacciones

Conatos de una arquitectura fractal: Como hemos dicho anteriormente, quizá el desarrollo de los fractales en la arquitectura no se haya efectuado conscientemente, sin embargo, el hecho es que hay edificios en los que podemos hallar lo que serían influencias de este campo. Pasemos a analizar algunos de ellas:

Le Corbusier manifestaba en 1943 en su famosa “Carta de Atenas”: “Introducir el sol, es una de las nuevas tareas de los arquitectos”. Por supuesto, se entendió al medio ambiente natural como factor positivo que debía ser utilizado en lo posible por el edificio ya que “el aislamiento del medio ambiente natural mata a cada organismo vivo”. Por lo tanto, Le Corbusier desarrolló la interesante y amplia idea de una interrelación óptima entre el volumen construido y su medioambiente, para esto, diseñó nuevas formas geométricas de organización espacial, las cuales por medio de una maximización de la superficie perimetral podían acoplar y engarzar íntimamente el espacio interior con el exterior. Aunque de momento esto no nos diga nada, la verdad es que la idea puede tener una componente totalmente fractal. En 1922 Le Corbusier presentó su concepto de “villa”.

Una de sus ideas era el desarrollo de una tipología habitacional para la construcción en altura en los centros urbanos, que debía tener el mismo confort que una villa aislada. Debía ofrecer un máximo de luz y aire aunque sea una construcción densa, por esto, incorporó jardines colgantes en cada vivienda sin importar los niveles. “Cada vivienda es en realidad una villa de dos niveles, con jardines, sin importar en que altura y posición se encuentren estas. Este es un volumen horadado, como un panel de 6 metros de altura, 9 de ancho y 7 de profundidad. Todo ventilado por medio de un pozo de 15 m. de diámetro. Este panel es un pulmón, la vivienda es igual a una esponja gigante, que aspira aire: la casa respira”.

Si pensásemos en un objeto así, podríamos llegar fácilmente a la esponja de Menger, un objeto puramente fractal. Por otro lado, es una forma que se adaptaría plenamente a su función: por medio de las muchas aperturas en el volumen construido se aumenta de mil maneras su superficie externa, por lo que se optimiza la ventilación y la iluminación.

El concepto de ritmo y el crecimiento modular-fractal

RITMO

El **ritmo** es una ordenación determinada de los tiempos, forma parte de una composición dinámica, a diferencia de la estática (en que el tiempo prácticamente no cuenta).

El ritmo forma parte de los Recursos de Diferenciación que son :

<i>Contraste</i>	Entre espacios “ Elementos
Ritmo	En el espacio “ Tiempo
<i>Énfasis</i>	Puntual Creciente Decreciente

El profesor Sennenschein dice que el ritmo es la propiedad de una sucesión de acontecimientos en el tiempo, que produce en el espíritu del observador, la impresión de una proporción entre las duraciones de los diferentes acontecimientos o grupos de acontecimientos cuya sucesión es compuesta.

La percepción de la “óptica secuencial” es consecuencia de la composición rítmica.

El ritmo es periodicidad percibida (Servien) . Así todo fenómeno periódico perceptible por nuestros sentidos se destaca del conjunto de los fenómenos irregulares.

El ritmo, considerado en toda su generalidad, es la división del tiempo por fenómenos sensibles a los órganos humanos, en períodos cuyas dimensiones y duraciones totales son iguales entre sí, o se repiten según una ley sencilla.

Nada es la melodía sin el ritmo, y éste es algo por sí mismo, el tambor lo expresa (Rousseau) El ritmo consiste en un impulso acompasado del alma, que corresponde a un número que siempre es el mismo que nos obsesiona y nos atrae. (Claudel) en una especie de danza poética que implica un enlace, en cierta combinación numérica o por lo menos aproximada.

En conclusión, parece que la única noción numérica capaz de seguir, en toda su extensión, la noción de ritmo es ésta : Sucesión de números enteros en que se descubre una Ley sencilla.

La mente humana reacciona ante los contrastes, ante las diferencias, sean de forma, o de ritmo.

Por ejemplo, una calle larga y recta produce -si no hay variaciones en forma o ritmo- poco impacto. La visión inicial es asimilada rápidamente y por ello, la calle, pierde interés percibiéndose monótona.

La *visión serial* es la forma como se percibe una ciudad al pasearse por ella. Los escenarios ciudadanos se nos revelan en forma de series fragmentadas. Esto produce, como en el cine, unas

secuencias susceptibles de repetirse y aparecer como ritmos sucesivos con su influencia en la percepción de la ciudad.

Janet formula la hipótesis de una reserva de fuerzas psicológicas, que se acumulan ,se agotan o se reconstruyen según **ritmos variables** ,y sugiere que son éstas las que regulan la efectividad **conforme una economía de la conducta** que coordina las ganancias y las pérdidas de energía.

No es aventurado suponer que al igual que un determinado **ritmo exterior** -musical ,por ejemplo- “resuena “con nuestros **ritmos personales** ,influyéndonos; los **ritmos espaciales** entran también en resonancia con nuestros propios ritmos ,ampliándolos o aminorándolos , y en consecuencia influyendo en nosotros.

Los griegos les agregaron correlaciones no sólo armónicas sino explícitamente musicales ,y desarrollaron al extremo una concepción metafísica del **Número** y de sus emanaciones :
Proporción, Ritmo, Forma.

En la Naturaleza la **ritmicidad** es constante ,vemos que existen

Ritmos cósmicos	Vientos Asoleo Mareas etc...
Ritmos humanos	Respiratorios Cardiacos Cerebrales Febriles
Ritmos de crecimiento ,en la materia	Fisiología vegetal Fisiología animal
Ritmos dinámicos en los animales	
Ritmos artificiales creados por los humanos	Música Danza Pintura Escultura Arquitectura
	De forma estática (proporciones) De forma dinámica (obtención del espacio por el propio movimiento humano)
	Urbanos (si se observa los propios poblamientos, no diseñados por urbanistas, tienen su propia dinámica rítmica de crecimiento
	...

SERIES RITMICAS ARMONICAS

Kepler (de Nive Sexangula) había observado ya el parentesco entre la sucesión de Fibonacci y la sección áurea, así como su presencia en botánica.

Arquitectos muy interesados en esta dirección son :

Le Corbusier que valora extraordinariamente las Series ritmicas ,de cara a obtener volúmenes arquitectónicos o conjuntos urbanísticos armoniosos y muestra de ello es su trabajo “El Modulor”.

Alfred Neumann con el libro “L’humanisation de l’espace” y “le système /O/ (vacío) y Neufert con su libro “Industrialización de la construcción”

Sin olvidar al español Rafael Leoz -hoy Fundación Leoz-que dedicó gran parte de su vida profesional a la investigación de las series rítmicas armónicas.

COMPOSICION RITMICA ESPACIAL Y SU RELACION CON LA MUSICA

En cuanto al sonido musical, dice Goethe, que tiene acceso directo al alma, porque inmediatamente encuentra en ella una resonancia (ya que el ser vivo”lleva la música en sí mismo”).

Un arte debe aprender de otro cómo utiliza sus medios característicos para, después a su vez, utilizar los que le son propios de la misma manera por supuesto teniendo en cuenta que cada arte posee sus fuerzas que no pueden ser sustituidas por las de otro arte.

Lo que se está haciendo es indagar en otras áreas artísticas para intentar aplicar en lo posible en el campo de cualquier espacio construido lo común, sin dejar de pensar que la arquitectura tiene sus propias fuerzas y nuestro reto es encontrar sus propios medios de conocimiento y expresión para poder actuar creativamente, compositivamente.

Si se consiguen unir las fuerzas de las diversas artes nacerá, con el tiempo, el **arte arquitectónico en conexión con otras artes y sobre todo con lo emocional del ser**.

La inspiración de la arquitectura en la naturaleza no puede limitarse a copiar las formas **sino que debe aspirar a aplicar las leyes. Las formas son simples consecuencias y herramientas geométricas necesarias en el camino hacia unas cotas de expresión artística tan creativas y variadas como la propia naturaleza.** (José Manuel Gómez Giménez)

Como ejemplo de integración entre artes tenemos que Debussy crea impresiones musicales tomadas de la Naturaleza que son transformadas en imágenes espirituales por vía musical aunque lo fundamental es que este Arte, además de esa capacidad para expresar fenómenos de la Naturaleza, es idónea para transmitir la vida interior del artista y crearla por medio de tonos musicales.

A nuestro objeto interesa conocer esta propiedad porque el arte de encadenar notas o acordes sucesivos en frases o contornos melódicos consiguiendo Armonía nos anima para, analógicamente, conseguir lo mismo con encadenamientos de proporciones en líneas, superficies o volúmenes rítmicos en las artes visuales y, sobre todo **espaciales**. Porque las Leyes de la Armonía tanto de la pintura, la música y la Arquitectura (y demás Artes) **son las mismas**.

En la sonatas de Beethoven (la 7ª por ejemplo) la razón entre la duración de la exposición y el resto (desarrollo y recapitulación) del trozo, es -muy a menudo- el de la **Sección Áurea** (en realidad la inversa: $1/0 = 0,618...$ aproximadamente $5/8$).

Las excepciones, bastante raras, (en las sonatas de Beethoven) dan las razones $1/1$, ó $1/2$.

De esta forma se pueden establecer analogías entre las distintas Artes: Música con Arquitectura, con la Pintura etc y también entre distintos sentidos como la vista (color) y los sabores, **formas**, y notas musicales.

En el dominio musical se perciben por doquier, elementos que se corresponden con imágenes. Así la música que apacigua, aparece en forma cilíndrica y cíclica. Abre ciclos, crea disimetrías y las encierra y torna a encontrar el reposo. El auditorio no es ya una tabla rasa, sino una selección de agitaciones diversas.

Equivalencias:

Música	Arquitectura
Intervalo (acorde consonante o disonante de dos notas)	Razón (de dos longitudes, superficies etc)
Acorde (combinación de tres o más notas)	Proporción
Armonía	Simetría
Euritmia melódica	Euritmia arquitectónica

Es conocido que la gente habla con mayor lentitud en las estancias grandes, donde el tiempo de resonancia es más lento y viceversa en los espacios reducidos.

También se camina más despacio -por ejemplo- en una catedral, porque tiendes a oírte y necesitas ir más lento para escuchar tus propios pasos. En los sermones dados en las iglesias, los sacerdotes necesitan hablar despacio para poder ser entendidos. Anexo(3)

Espacios residuales.-

Son aquellos que surgen aleatoriamente por el peso de la dinámica de las cosas mismas, no de la razón humana que lo estructura, sino de forma "caprichosa" o sea no controlada por la mente y que -en lenta secreción- se auto organiza en una estructura que tiene, si se observa atentamente, su propia lógica "per se"; por el peso de la necesidad física y por el peso de la necesidad psicológica- no consciente- de los individuos.

Son unas formas que emergen a partir de pequeñas adiciones y sustracciones y que permite entrever una nueva estructura y por consiguiente susceptible de ser estudiada y por ende quizás desentrañada y comprendida.

En sentido estricto todos los espacios lo son ,en mayor o menor grado, pero denominamos **residuales** a aquellos donde este hecho se manifiesta de forma predominante.

Son espacios, diríamos intrínsecos, para diferenciarlos de los extrínsecos o sea los diseñados desde fuera. Son espacios **vividos** y son configurados día a día . La cotidianidad genera un cambio continuo, sujeto al devenir vital, en uso y percepción así como **la acción** ,diríamos **“del medio”**.

Entremos a **valorar lo que se entiende por “espacios residuales”**

Según la intencionalidad: el diseño de un espacio puede ser :

Controlado (más euclidiano)

Residual (más complejo, por lo imprevisto, lo incontrolado)

Es, pues, interesante el análisis de estos espacios desde el punto de vista de perceptivo como existencia " per se " y por consiguiente como ejemplo de espacios libres al no estar sujetos ni a la imposición normativo- legal a que está sometido el proyectista, ni a las costumbres imperantes en la zona, sino, como digo, a la adición coyuntural (natural o humana) que se produce con el paso del tiempo; lo que incorpora en el proceso la cuarta dimensión.

Tenemos ejemplos en todas partes, pero especialmente en aquellos espacios urbanos , donde cada lugar, cada rincón, se ha ido haciendo a base de acciones anónimas ,añadiendo o quitando según las necesidades o el capricho del momento ,donde el paso del tiempo ha sido el gran aliado y donde la climatología, la vegetación, la historia, han sido factores de gran importancia, interviniendo como un protagonista más en el modelado de formas ,colores etc en lenta secreción.

Precisamente, **los espacios residuales** son los ejemplos óptimos para ser estudiados, por su directa y profunda relación psico-sociológica con un determinado ser humano, o grupo social más o menos amplio.El valor de estos **espacios residuales** estriba precisamente en esa configuración progresiva y paulatina y que es el resultado, por una parte, de adiciones nacidas de la necesidad física y psicológica de sus usuarios pero también como aportación del azar a lo largo del tiempo.

.Ahora veamos la relación de lo anterior con el crecimiento modular.Posibilidades de industrialización.

¿Qué se entiende por crecimiento modular ?

El crecimiento modular se basa en una combinatoria de células habitacionales que por agrupación y siguiendo unas determinadas directrices de crecimiento dan una arquitectura volumétricamente no prevista “a priori” sino como resultado a su sujeción a estas “leyes” de desarrollo.

El arquitecto Rafael Leoz, con su Fundación, también investigó esta forma metodológica de proyectación a partir de volúmenes sencillos.

Esta manera de proyectar, tiene la ventaja añadida de-si se desea-permitir la industrialización de la construcción.

En la “comunicación” se expone un ejemplo de proyectar con esta metodología

La geometría euclidiana ha simplificado las irregularidades. En concreto ha linealizado las leyes, ha hecho una aproximación de la ley real y ha regularizado las formas geométricas, es decir, suponer suaves o lisas líneas o superficies que en rigor no lo son.

El crecimiento modular se apoya en la geometría euclidiana y en la fractal

Crecimiento modular-respetuoso con el medio

Si consideramos la relación del hombre y la naturaleza centradas en la cuestión de la vital dependencia de los sistemas vivos para con el medio ambiente estamos tratando de arquitectura ecológica y arquitectura Bioclimática. De hecho la buena arquitectura ha sido así desde siempre.

En un contexto más vinculado a la relación con el paisaje. un fenómeno mimético curioso es el detectado en algunas significativas obras de arquitectura contemporáneas denominadas “arquitecturas topográficas” (sobre la topografía natural)

También podemos nombrar a la aparición de las arquitecturas “Verdes” de los últimos años ,el incremento en proyectos y obras de la presencia de la vegetación en los mismos.

En estas obras ,tenemos una mimesis en que la arquitectura no asume de la naturaleza la forma ,sino la materia misma ;asimila la vegetación con vigor, a punto de transferir a ésta gran parte del protagonismo y del carácter de la obra.

Se trata de una operación mimética de cierto modo opuesta a la arquitectura topográfica donde la arquitectura se funde con el paisaje en este otro caso, es la vegetación la que funde a la construcción. Es un camino que apunta hacia una fuerte disolución entre los límites de lo natural y lo artificial. En esta estrategia de proyecto nos vemos en una inquietante dialéctica entre artificio y natura, con frecuentes ambigüedades formales, materiales y conceptuales, y con un cuestionamiento de la validez del estatuto de la artificialidad del objeto arquitectónico

Diferencias fundamentales entre la Geometría Euclídiana (crecimiento modular) y La Geometría en crecimiento fractal

Geometría Euclídiana": 1) Tradicional más de 2000 años.2) Dimensión entera3) Trata los objetos hechos por el hombre4) Descripción por formulas

Concepto de dimensión

La geometría tradicional o euclidiana distingue las siguientes dimensiones: -1, 0, 1, 2, 3.o Dimensión -1 Realmente esta dimensión representa el vacío..anexos (3)

Geometría Fractal: 1) Moderna apenas 10 años.-2) Dimensión fractal3) Apropia para las formas naturales4) Algoritmo recursivo (iteración) repetición.

GEOMETRÍA FRACTAL

No es ya una geometría euclídeana y abstracta de dimensiones enteras y elementos simples, sino una geometría accidentada y tortuosa de la naturaleza en estado salvaje.

Para la antropología (lo anticipo en esta frase) el punto de motivación radica en que unos cuantos **fenómenos culturales**, no muchos pero sí suficientes, **poseen a veces** (en algunas sociedades al menos) **configuración fractal**: la música, los diseños de tatuajes y peinados, las pinturas corporales, los ornamentos, los motivos del arte rupestre y cerámico, **los patrones de asentamiento**, las caligrafías, las texturas, los tejidos, los procesos de cambio, las etno-matemáticas, las etno-lógicas, los sistemas de parentesco, las arquitecturas, las cosmologías, los mitos, los juegos, los mandalas.

Familiarizarse con los fractales entraña encontrar una pauta que vincula ciertas manifestaciones de esas formas ya sea con rocas, montañas, nubes, corales, caracoles, galaxias y repollos, o con la sucesión de los estados del tiempo, las curvas "patológicas" de las matemáticas alternativas el vaivén de las cotizaciones de la bolsa, las trayectorias de los ríos, las costas de un continente, la evolución, las turbulencias, la criticalidad auto-organizada. *No es que todo tenga que ver con todo, sino que hay un conjunto de homologías precisas y profundas que ahora comienzan a revelarse, y una opción para comprender mejor el azar y la necesidad. Pues unas cuantas cosas fueron siempre, aunque se lo ignorara, caóticas.*

Los fractales poseen un patrón observable y una estructura subyacente que se identifica con los procedimientos que los generan.

Conclusiones

Participación ciudadana en el acabado de los espacios inacabados del conjunto

La obra arquitectónica es como una obra cinematográfica **necesita la participación del tiempo**. La proyectación, en sentido amplio, aceptando la "complejidad" se compondría de dos partes insolubles : la **voluntarista** y la **residual** (que es aquella parte no proyectada y que aparece con valores propios ,bien resaltando lo principal ,bien superandolo plásticamente

*Aún no lo sabemos todo acerca de los fractales;
tampoco el hombre ha terminado de descubrirse.*

(Rufino Iturriaga1 y carina jovanovich)

La evidencia experimental en el campo de la psicología cognitiva y medioambiental es cada vez mayor, a la hora de relacionar, inextricablemente, los fractales con muchos procesos emocionales y cognitivos, que son la base del modo en que el ser humano percibe y juzga la estética del entorno habitado.

Como concepto matemático, el fractal refleja un principio jerárquico de organización que mide procesos de creación de figuras, en las que cada unidad, por mínima que sea, lleva implícita la información del total. **La psicología medioambiental sugiere que es precisamente ese orden**

recurrente, repetido en distintas escalas en la percepción del entorno, el mayor responsable de que cualquier organismo activo y perceptivo permanezca “conectado” con el orden natural.

Por decirlo de un modo más poético, la geometría fractal da la descripción visual de aquello que es a menudo invisible: el acto misterioso y equilibrado de la tensión dinámica entre el caos y la armonía, que los físicos consideran responsable de la creación del mundo, sus sistemas, procesos y organismos, y aquello que lo mantiene en funcionamiento.

El papel de los fractales como “enlaces” estructurales esenciales entre los organismos vivos y su entorno natural tiene, entre otras, una explicación clara, desde el punto de vista biológico. La especie humana tiene al menos 1 millón y medio de años y se nutre de neurologías todavía más antiguas, las de unos mamíferos y reptiles que tuvieron aún más tiempo de establecer las conexiones necesarias con el orden de la naturaleza.

Y puesto que el ritmo de cada individuo varía y cada ser busca su propio equilibrio con elementos que no necesariamente son los mismos que compensarían al vecino, debe dársele la posibilidad de crear su propio espacio que él, de forma intuitivo-perceptiva organizará para encontrarse a gusto, en armonía. En “resonancia” sujeto-entorno.

En Arquitectura y sobre todo en Urbanismo el ritmo de crecimiento tiene una gran importancia. La Tesis (ETSAB) de Ana Bofill (Dra arquitecta) sobre diseño generativo así como el trabajo en esta dirección del arquitecto Rafael Leoz son ejemplos a este respecto, que tratan de solucionar el problema de ampliabilidad y flexibilidad en la edificación. En el mismo sentido además de ir incorporando conocimientos de la Antropología del espacio está la Tesis del Dr Rodolfo Picazo Pérez

En todo caso el método es partir de una célula base capaz de adaptarse y aplicarles leyes de crecimiento .La repetición produce una “sinfonía” armónica.

Un ejemplo concreto de esta forma de proyectar es el proyecto (1975) para Campus Universitario en la ciudad de Cuenca y anteproyecto de Conservatorio, en la misma ciudad,-proyectos no ejecutados- de los que es autor el propio arquitecto Rodolfo Picazo Pérez, redactor de esta “Comunicación”

Se puede hablar de una particular afinidad entre la geometría fractal y el urbanismo, estableciendo una relación entre los enfoques, analítico y propositivo, de una manera atractiva y sugerente. Los pueblos, en sus diferentes tamaños, presentan una clara autosimilitud, a diferentes escalas, barrios, manzanas, casas, la cual primero fue advertida de forma intuitiva y de una manera teórica y más profunda después.

Ejemplos de aplicación de crecimiento modular. Metodología. Puntos de similitud con el crecimiento fractal

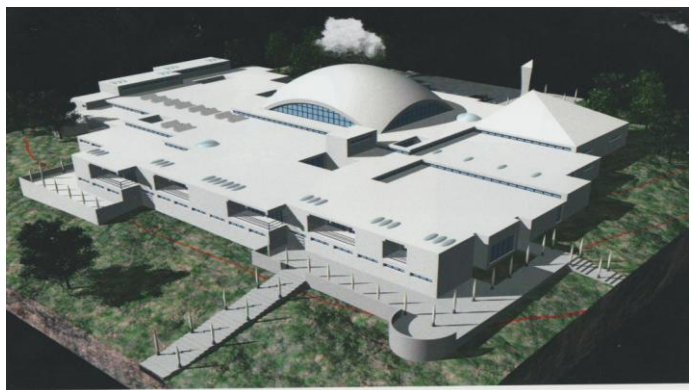
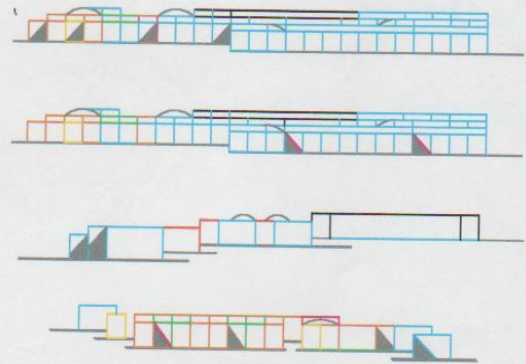
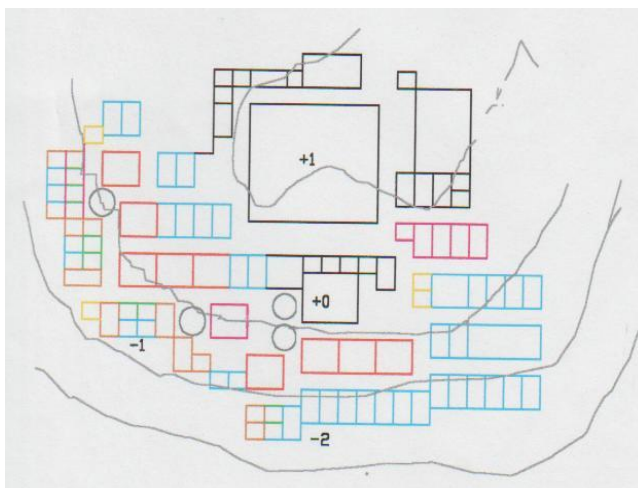
CAMPUS DE CUENCA .COMPOSICION MODULAR)-SIGUIENDO Y ADAPTÁNDOSE A LAS CURVAS DE NIVEL
OBTENIENDO UN RITMO URBANÍSTICO CUYAS “NOTAS” SON LOS MÓDULOS QUE DAN ORIGEN A LOS DIVERSOS DEPARTAMENTOS(EDIFICIOS)



Se optó por adaptar una malla sobre el terreno, que descansaría sobre el basamento topográfico de la montaña

COMPOSICION MODULAR PARA OBTENER UN PROYECTO DE EDIFICACION (CONSERVATORIO)

El edificio logra identidad; la plaza interior es un espacio abierto que permite el fluir de la vida en todas las direcciones a través del mismo, protegido de los agentes meteorológicos de manera parcial. Además, cualquier objetivo dentro del edificio se puede alcanzar mediante el uso de varios caminos alternativos, los cuales resultan interesantes para inducir al encuentro y la interacción social, contando con instalaciones de aulas, pasillos, zonas lúdicas, salas de música y sala general de audición.



Rodolfo Picazo Pérez (Dr arq. y urb.)